

Moda fotochromowa

Często jesteśmy przestrzegani przed złym wpływem różnych substancji i czynników. Słyszymy na przykład, że należy unikać zbyt intensywnego opalania oraz hałasu, że trzeba chronić się przed przegrzaniem oraz wyziębieniem, że należy regularnie pić i spożywać zdrowe jedzenie. Ucieszylibyśmy się zapewne z możliwości kontrolowania szkodliwych czynników obecnych w naszym środowisku. Ale już nie każdy chciałby nosić wszędzie ze sobą skomplikowane urządzenie pomiarowe, które informowałoby o przekroczeniu dopuszczalnych norm. Idealnym rozwiązaniem, również dla osób pracujących na co dzień w szkodliwych warunkach, byłyby małe, lekkie i proste czujniki, które można by nosić przy sobie cały czas. Wychodząc naprzeciw takim oczekiwaniom, prowadzi się obecnie dużo badań poświęconych opracowaniu i produkcji tzw. „inteligentnych materiałów”. Jednym z takich materiałów są tekstylia fotochromowe.

Moda plażowa i nie tylko

Wyobraźmy sobie, że w piękny słoneczny dzień wybieramy się nad wodę. Wiadomo, że nie należy wystawiać się na działanie promieni słonecznych zbyt długo ze względu na szkodliwość obecnego w nich promieniowania ultrafioletowego (promieniowania UV). Chcielibyśmy wiedzieć, kiedy dokładnie powinniśmy zakończyć plażowanie. Eleganckim rozwiązaniem byłoby na przykład posiadanie czapki z daszkiem lub chustki, która zmieniałaby kolor pod wpływem promieni UV. Czy to nie jest pomysł rodem z książek *science-fiction*? Okazuje się, że nie. Przykładem może być taka oto koszulka z nadrukiem:



Zakładając koszulkę w domu zobaczymy tylko czarno-biały obrazek. Natomiast pod wpływem promieniowania ultrafioletowego rysunek staje się barw. W zależności od intensywności promieniowania pojawienie się kolorów może potrwać dłużej lub krócej. Im większa intensywność promieni UV, tym szybciej rysunek nabiera kolorów.

Tkaniny zabarwione w ten sposób mogą też stanowić ciekawy materiał dla projektantów mody, co ilustruje poniższa fotografia sukienki, zmieniającej kolor w zależności od oświetlenia. Wewnątrz pomieszczeń sukienka ma kolor zielony, a pod wpływem promieniowania UV nabiera fioletowych odcieni.

Oprócz tekstyliów, można w ten sposób barwić inne materiały. Istnieją na przykład lakiery do paznokci, które wewnątrz pomieszczeń mają stonowany, blade kolor, a w świetle słonecznym przybierają dużo intensywniejszą barwę.

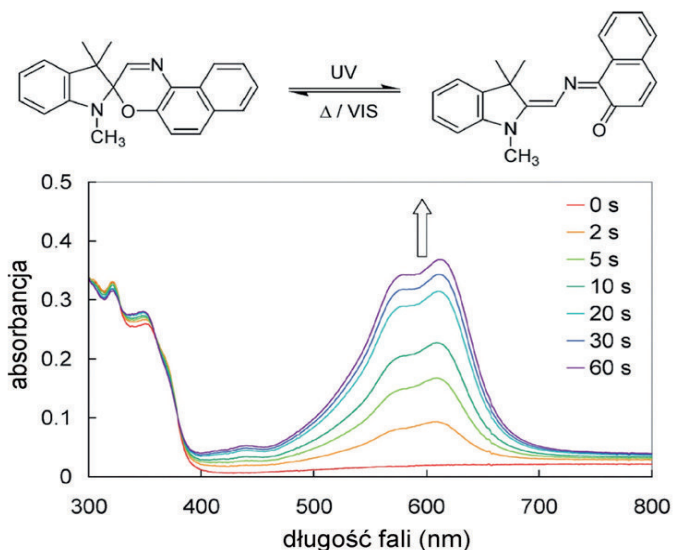


Jak działają barwniki fotochromowe?

Barwniki, które zmieniają kolor pod wpływem promieniowania ultrafioletowego, noszą nazwę barwników fotochromowych. Kolor materiału zależy od tego, jaką część promieniowania widzialnego pochłaniają cząsteczki barwnika. Kiedy na materiał pada światło białe, zawierające wszystkie kolory tęczy, to część kolorów jest pochłaniana, a reszta odbijana od materiału (patrz ramka „Widmo absorpcyjne”).

Pod wpływem światła UV cząsteczki barwnika fotochromowego zmieniają swój kształt. Ponieważ rodzaj (długość fali) pochłanianego przez barwnik światła zależy od kształtu cząsteczki, to wraz ze zmianą kształtu cząsteczki modyfikacji ulega także kolor materiału.

Poniższy rysunek przedstawia zmianę kształtu cząsteczki barwnika pod wpływem promieniowania UV i towarzyszące jej zmiany widma absorpcyjnego. Początkowo absorpcja (patrz ramka) w zakresie promieniowania widzialnego jest bliska zeru (linia czerwona, $t = 0$ s), jednak już po upływie minuty widoczna jest znaczna absorpcja światła w zakresie od 550 do 650 nm (linia fioletowa, $t = 60$ s).



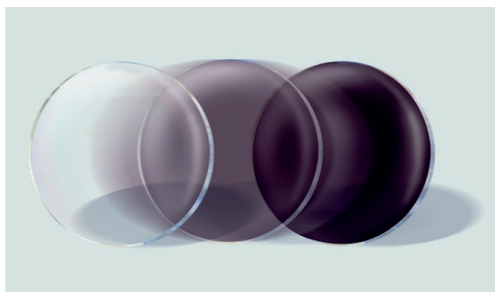
Aby zmiana barwy była odwracalna, cząsteczki barwnika powinny powracać do pierwotnego kształtu po przerwaniu naświetlania promieniowaniem UV. Niestety, na ogół struktura cząsteczki barwnika po naświetleniu jest niestabilna i łatwo ulega zniszczeniu. Aby temu zapobiec, farby tekstylne zawierają również inne związki chemiczne. Niektóre z tych związków zapewniają cząsteczkom barwnika stabilny kształt po naświetleniu, dzięki czemu cząsteczki mogą powrócić do oryginalnego kształtu po zakończeniu naświetlania.

Do czego jeszcze służą barwniki fotochromowe?

W okresie jesienno-zimowym, kiedy wcześniej zapada zmrok, dobrze jest wyposażać się w jakiś element ostrzegawczy w postaci odbłaskowej naklejki, szelek lub kamizelki. Dotyczy to zarówno uczestników ruchu drogowego jak i pieszych oraz psów wyprowadzanych na spacer. Odzież ostrzegawcza jest również używana przez cały rok przez pracowników wielu grup zawodowych. Z upływem czasu tkaniny, z których wykonane są ubrania ostrzegawcze, bledną pod wpływem promieniowania UV. W celu zapewnienia bezpiecznego poziomu widzialności odzieży ochronnej można wykorzystać barwniki fotochromowe w roli wskaźników zużycia materiału. Wystarczy przykleić do ubrania kawałek materiału, którego kolor ulega zmianie pod wpływem promieniowania UV. W przeciwieństwie do farb tekstylnych wskaźniki zużycia przygotowywane są bez dodatkowych substancji stabilizujących, pomagających cząsteczkom utrzymywać ich kształt. Z powodu braku tych substancji, cząsteczki barwnika fotochromowego ulegają stopniowej degradacji – tracą możliwość zmiany kształtu. Ostatecznie, wskaźnik przestaje zmieniać kolor pod wpływem promieniowania UV. Czas, po którym następuje całkowite zniszczenie cząsteczek barwnika, zależy od rodzaju barwnika, od intensywności promieniowania UV oraz od czasu napromieniowania. Można tak dobrać barwnik fotochromowy, żeby jego czas zużycia odpowiadał czasowi degradacji tkaniny, z której wykonano odzież ostrzegawczą. Wówczas w momencie, kiedy wskaźnik przestaje zmieniać kolor, należy wymienić ubranie ochronne.

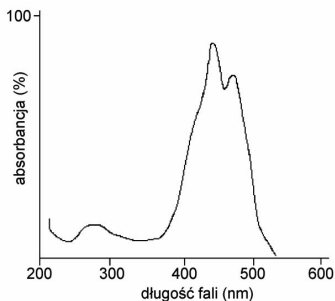
Barwniki fotochromowe wykorzystywane są także w procesie produkcji szkielek do okularów. Soczewki fotochromowe zmieniają barwę w zależności od intensywności promieniowania ultrafioletowego, co umożliwia ich używanie zarówno w pomieszczeniach jak i na zewnątrz.

Wśród innych zastosowań barwników fotochromowych warto też wymienić ich rolę w ochronie markowych produktów. Można przy ich użyciu nadrukowywać firmowe logo lub inne znaki ochronne widoczne jedynie pod wpływem naświetlania promieniowaniem UV. Można również wykorzystać specjalnie zabarwione nici do szycia, lub wykonać część produktu z materiału fotochromowego. Ograniczeniem w zastosowaniu barwników fotochromowych jest przede wszystkim wyobraźnia.

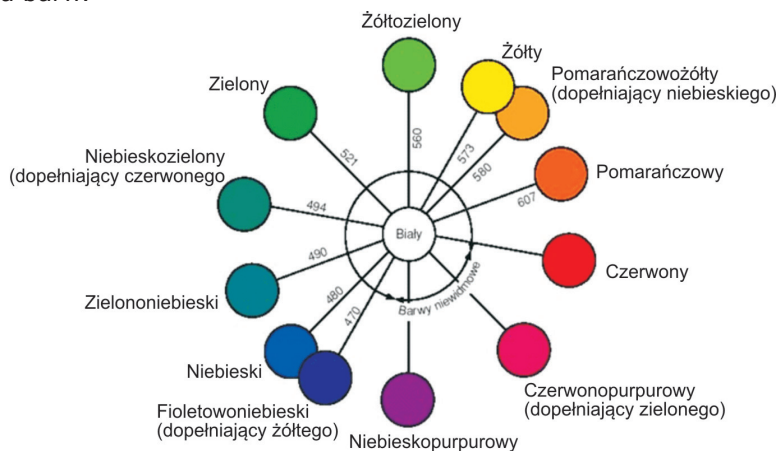


Widmo absorpcyjne

Aby jakikolwiek przedmiot był dla nas widoczny musimy móc zaobserwować odbite od niego światło w zakresie widzialnym. Zakres ten obejmuje promieniowanie o długości fali od około 400 do 800 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Mieszanie wszystkich kolorów z tego zakresu docierającą do naszych oczu odbieramy jako światło białe. Kolor materiału zależy od tego, która część padającego na nie światła ulegnie odbiciu, a która zostanie pochłonięta przez materiał. Barwę substancji charakteryzuje się mierząc tzw. widmo absorpcyjne. Badanie to polega na oświetlaniu materiału promieniowaniem o różnych kolorach (różnych długościach fali) i pomiarze ilości światła pochłanianego. Można w ten sposób sporządzić wykres, na którym na osi poziomej podajemy długość fali światła, a na osi pionowej – absorbancję, czyli stopień pochłaniania światła. Dla przykładu zaprezentowano widmo absorpcyjne barwnika organicznego – beta karotenu, nadającego roślinom charakterystyczny pomarańczowy kolor.



Jeśli materiał odbija wszystkie barwy światła w 100% (absorbancja wynosi wtedy 0% w całym zakresie długości fali), to taki materiał wydaje się nam biały. Jeśli substancja pochłania wszystkie barwy w 100% (absorbancja równa 100% w całym zakresie), to taką substancję postrzegamy jako czarną. Natomiast jeśli materiał pochłania wybiórczo tylko pewien wybrany zakres długości fali, to do naszych oczu dotrze wówczas promieniowanie odbite zubożone o ten przedział długości fali. Barwę obiektu można określić za pomocą tzw. koła barw.



Kolor materiału to kolor dopełniający (znajdujący się po przeciwnej stronie koła barw) w stosunku do zakresu promieniowania pochłanianego. Dla przykładu, beta karoten pochłania w dużym stopniu promieniowanie z zakresu od 400 do 500 nm, co odpowiada światłu o kolorze niebieskozielonym. Zgodnie z kołem barw zakres kolorów dopełniających zawiera różne odcienie żółtego, pomarańczowego i czerwonego. Części roślin zawierające beta karoten (na przykład korzeń marchewki) widzimy więc jako pomarańczowe.